CURSO A DISTÂNCIA

COMISSÁRIO DE VOO

CONHECIMENTOS BÁSICOS SOBRE AERONAVES

AeroTD

ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

CNPJ	72.443.914/0001-38
Mantenedora	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
Instituição	AERO TD Escola de Aviação Civil
Esfera Admistrativa	Privada
Endereço (Rua, Nº.) Cidade UF CEP	Rua Madalena Barbi nº 46. Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
Telefone	0800 887 1555 | (48) 32235191
Eixo Tecnológico:	Infraestrutura
Curso:	Comissário de Voo
Carga Horária Total:	159 horas

Sumário

1. Aeronaves 4
2. Componentes Estruturais da Aeronave..... 6
3. Superfícies de Comando..... 15
4. Aerodinâmica..... 20
5. Teoria de Voo..... 27
6. Teoria de Voo de Alta Velocidade..... 33

Fonte: www.sindmetau.org.br

MÓDULO I

CONHECIMENTOS BÁSICOS SOBRE AERONAVES

APRESENTAÇÃO

O comissário de voo deve estar familiarizado com as aeronaves e suas peculiaridades, uma vez que este será o seu ambiente de trabalho. O conhecimento básico do funcionamento das aeronaves e de seus componentes também será essencial para que o comissário possa exercer seu papel de intermediário entre os passageiros e a tripulação técnica. Adicionalmente, será necessário que se conheça cada uma das partes que compõe a aeronave para melhor entender disciplinas como Emergências a Bordo, Sobrevivência na Selva e no Mar, Sistema de Aviação Civil, Regulamentação e outras.

Vamos lá!

1 AERONAVES

Definição

Segundo o artigo 106 do Código Brasileiro da Aeronáutica, "considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas".

Tipos de Aeronaves

- **Aeródinos**

São aeronaves mais pesadas que o ar e que voam baseadas na **3ª Lei de Newton**: *"A toda ação imposta a um corpo, corresponde a uma reação de igual intensidade e direção, porém no sentido oposto"* e no **Princípio de Bernouilli**: *"Em um fluído em movimento, quando a velocidade aumenta, a pressão estática diminui".*

Helicópteros e Aviões são exemplos de Aeródinos

Fonte: meioaereo.com/ www.montalva.com.br/ aaraoaviator.no.comunidades.net/ pt.upphotos.net/ www.foromil.com.br/ pasosdelmetodocientifico.com

- **Aeróstatos**

São também chamados de veículos "mais leves" que o ar. Seu funcionamento baseia-se na força de empuxo do ar, na força de flutuação, conhecida em Física como **Princípio de Arquimedes**, segundo o qual *"um corpo mergulhado num fluído em equilíbrio recebe deste fluido um empuxo de baixo para cima igual ao peso do volume deslocado".*

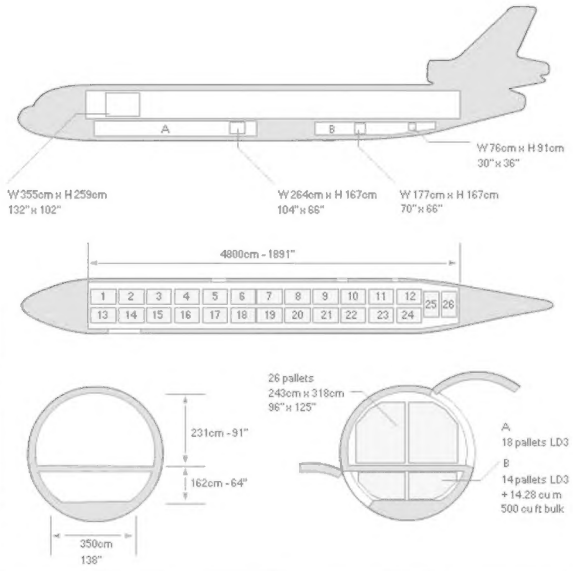
Balões e Dirigíveis são exemplos de Aeródinos.

Fonte: www.brasilescola.com/ cienciahoje.uol.com.br

2 COMPONENTES ESTRUTURAIS DA AERONAVE

Os componentes básicos de uma aeronave são: **fuselagem**, **empenagem**, **grupo moto-propulsor**, **trem de pouso** e as **asas**.

Fuselagem

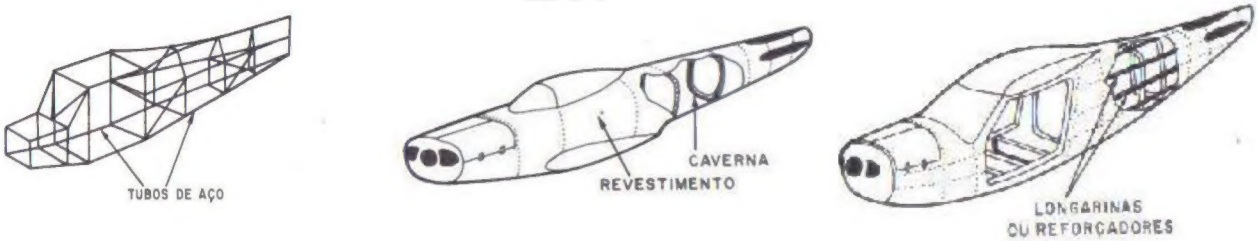


Fonte: http://going2sky.blogspot.com.br

É o conjunto destinado a abrigar tripulantes, passageiros e carga. Possui a forma fuselada e, por conta disso, oferece o mínimo de resistência ao avanço. A fuselagem é a *principal estrutura do avião* e de onde as demais partes, como as asas, a empenagem, os sistemas e, em muitos casos, os motores, são adaptados. A fuselagem de quase todos os aviões é feita de **liga de alumínio**. Outros aviões têm estruturas de madeira ou de tubo de aço soldado, recobertas de tela.

Tipos de Fuselagem

- **Estrutura Tubular:** É constituída por tubos de aço soldados, podendo ter cabos de aço esticados para suportar esforços de tração. Este tipo de estrutura é geralmente recoberta com tela. A tela funciona apenas como revestimento, não resistindo a esforços.
- **Estrutura Monocoque:** Composta por anéis (cavernas) que dão o formato aerodinâmico e com revestimento externo (placas de alumínio) que suportam os esforços estruturais. Esses dois elementos são unidos entre si por rebites ou parafusos.
- **Estrutura Semi-monocoque:** Composta por cavernas, revestimento e longarinas. Normalmente é construída com chapas de liga de alumínio, embora possam ser também usados outros materiais, como madeira contraplacada. Este tipo de fuselagem *é o que oferece mais resistência e por esse motivo é o mais utilizado na aviação comercial.*



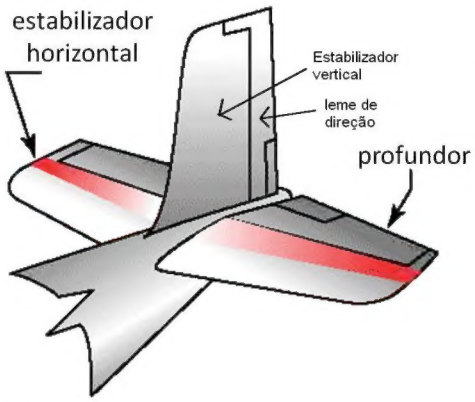
Tubular **Monocoque** **Semi-monocoque**

Fonte: http://going2sky.blogspot.com.br

Empenagem

A empenagem tem a função de estabilizar e controlar o voo do avião. Ela é localizada na parte de trás da aeronave. Geralmente a empenagem possui duas superfícies:

- **Superfície Vertical:** É constituída pelo *estabilizador vertical* (ou deriva) e pelo *leme de direção*. Responsável por estabilizar e controlar os movimentos de **guinada** (movimentos do nariz para a direita e para a esquerda) do avião.
- **Superfície Horizontal:** É constituída pelo *estabilizador horizontal* e pelo *leme de profundidade* (ou profundor). Responsável por estabilizar e controlar os movimentos de **arfagem** do avião (movimentos do nariz para cima e para baixo).



Fonte:zenair640.info/ www.ceabonline.com.br

Grupo Motopropulsor

É o conjunto das partes que produzem a força de tração necessária ao voo.

Classificação das Aeronaves pelo Número de Motores

- **Monomotor:** É a aeronave que possui apenas um motor.
- **Multimotora:** É a aeronave que possui dois ou mais motores.

As aeronaves multimotoras podem ser classificados ainda em bimotores, trimotores ou quadrimotores, caso possuam respectivamente dois, três ou quatro motores

Classificação das Aeronaves quanto ao Tipo do Motor

- **Aeronaves com Motor Convencional**

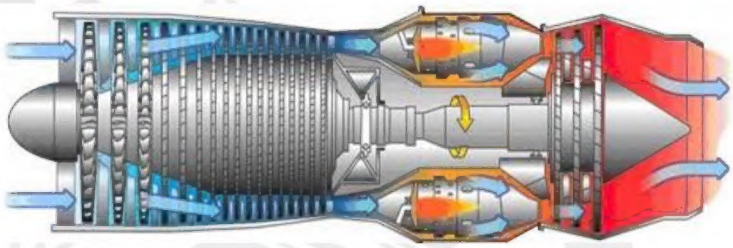
Fonte: http://www.royalstaraero.pl

Este motor tem as mesmas peças básicas dos motores dos automóveis, porém são construídos de modo a terem as qualidades exigidas para uso aeronáutico.

Utiliza **gasolina de aviação** como combustível. Por ser econômico e eficiente em baixas altitudes e velocidades, esse motor (a pistão) é o tipo mais utilizado em *monomotores* e *bimotores de pequeno porte*.

- **Aeronaves com Motor a Reação**

O motor a reação, também conhecido como motor a jato, é um tubo no qual ocorre a queima da mistura ar-combustível. A expulsão dos gases pela parte de trás provoca como reação, o movimento para frente. O combustível utilizado nesses motores é a **querosene de aviação**.

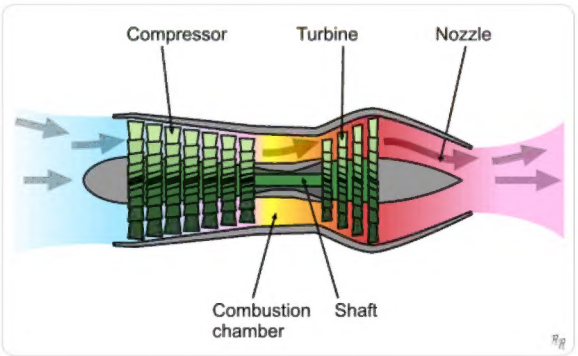


Fonte: professorbrunoanac.blogspot.com

Devemos conhecer três tipos de motores a reação:

Turbojato ou Jato puro

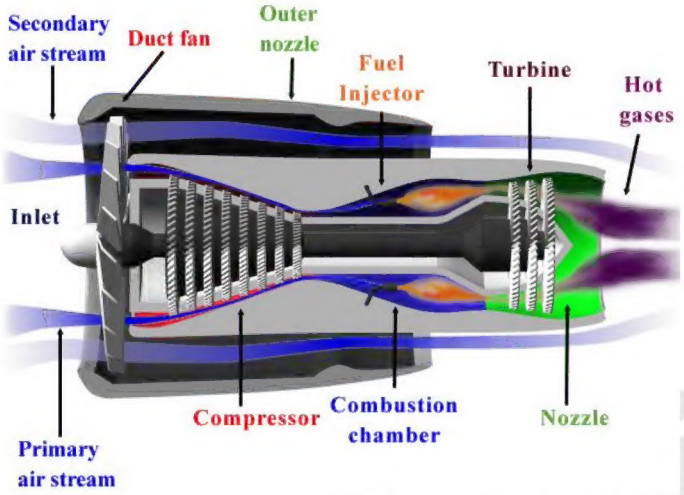
Este motor aspira o ar atmosférico e o impulsiona num fluxo de alta velocidade. É o melhor motor para aviões supersônicos, embora seja também usado em aviões subsônicos. Em baixas velocidades e altitudes esse motor não é econômico, eficiente e produz alto nível de ruído.



Fonte: pt.wikipedia.org

Turbofan

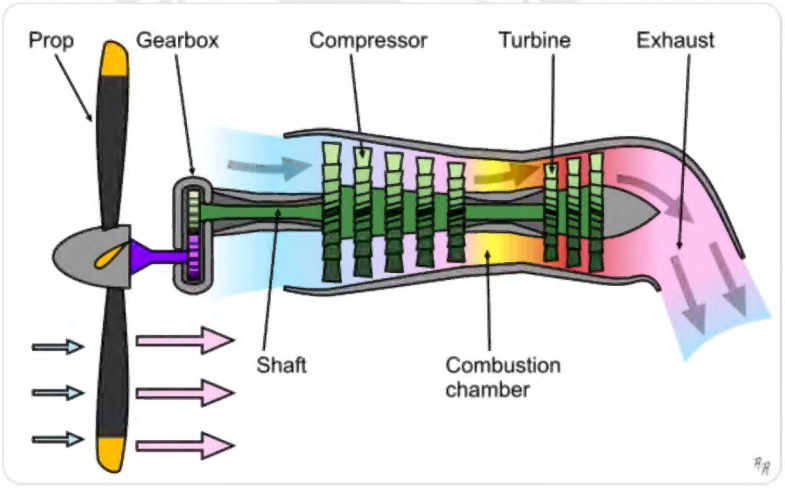
Este motor nada mais é do que um turbojato acoplado a um ventilador ("fan" em inglês), que impulsiona o ar externamente ao núcleo do motor. Possui tração elevada, baixo ruído e baixo consumo de combustível, sendo, por isso, atualmente *utilizado praticamente em todos os aviões comerciais* de grande porte movidos à reação.



Fonte: engg-learning.blogspot.com

Turboélice

O núcleo do motor Turboélice é um turbo jato, porém toda a potência desenvolvida é aproveitada por uma turbina para acionar uma hélice. Essa combinação resulta em um motor ideal para velocidades intermediárias entre as dos motores a pistão e dos motores a reação. A turbina é uma roda dotada de pás em sua periferia, funcionando como um cata-vento que gira sob ação do jato de gases em alta velocidade. Em geral, 90% da tração desse motor é gerada pelas hélices, enquanto os 10% restantes provém dos gases de escapamento.



Fonte: http://going2sky.blogspot.com.br

Trem de Pouso

O trem de pouso fornece sustentação e mobilidade ao avião em meio sólido ou líquido, podendo ser *rodas* para uso em terra ou *flutuadores* para uso em meio líquido.

Funções do Trem de Pouso

- **Apoiar o avião no solo.**
- **Manobrar (taxiar) o avião no solo.**
- **Amortecer os impactos do pouso.**
- **Frear o avião.**

Classificação quanto ao Tipo de Superfície de Operação

Os aviões podem pousar e decolar em diferentes meios, como água, terra, pântanos, gelo, etc. De maneira genérica, isso leva a classificar os aviões em três categorias: Hidroaviões ou Hidroplano, Terrestres ou Litoplanos e Anfíbios.

- **Aquáticos ou Hidroaviões:** pousam somente em superfície líquida (mar, rios, lagos).
- **Terrestres ou Litoplanos:** pousam somente em superfície sólida (asfalto, grama, terra).
- **Anfíbios:** pousam em superfícies líquidas ou sólidas.

AVIÃO TERRESTRE

Fonte: www.portalsuldabahia.com.br

HIDROPLANO OU HIDROAVIÃO

AVIÃO ANFÍBIO

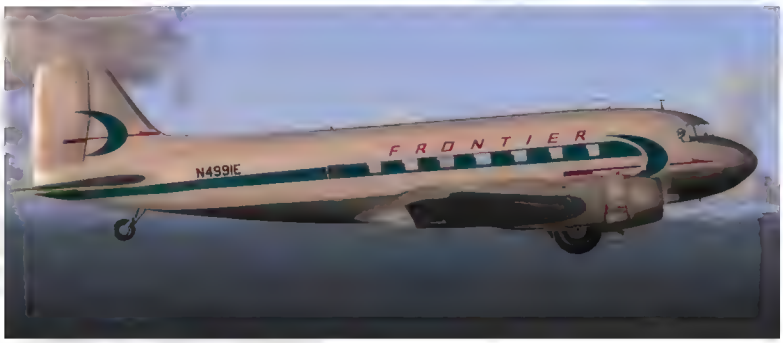
Fonte: www.missaopaz.com

Classificação quanto à Fixação/Mobilidade

O trem de pouso pode ser recolhido durante o voo para melhorar o desempenho do avião. Esse recurso pode não existir nos aviões de baixa velocidade, a fim de simplificar a construção e reduzir o custo. Isso leva a classificar os tipos de trem de pouso quanto à sua mobilidade em:

- **Trens Fixos:** Não podem ser recolhidos e têm como vantagem a simplicidade, baixo custo e pouca manutenção. Porém, apresentam um maior arrasto. São usados em aviões de pequeno porte.

- **Trens Retráteis ou Semi-Escamoteáveis:** São recolhidos parcialmente. É possível visualizar parte das rodas. Usados quando no projeto não é possível recolher o trem por completo.



Fonte: flyawaysimulation.com

- **Trens Escamoteáveis:** Recolhem por completo, não sendo possível visualizar partes do sistema. Apresentam custo elevado de projeto, mas com a vantagem de reduzir o arrasto.

Fonte: www.flyjetz.mobi

Classificação quanto à Disposição da Roda Auxiliar

- **Convencionais:** Nos aviões com trem de pouso convencional, a dirigibilidade no solo é possível devido à mobilidade da bequilha, que é comandada juntamente com o leme de direção. Ela fica localizada atrás do centro de gravidade da aeronave.

Fonte: http://aeroclubedelondrina.blogspot.com.br

- **Triciclos:** Nos triciclos a roda auxiliar também tem função de dirigibilidade, assim como nos aviões convencionais. Ela fica localizada à frente do centro de gravidade da aeronave e é chamada de trem de nariz.

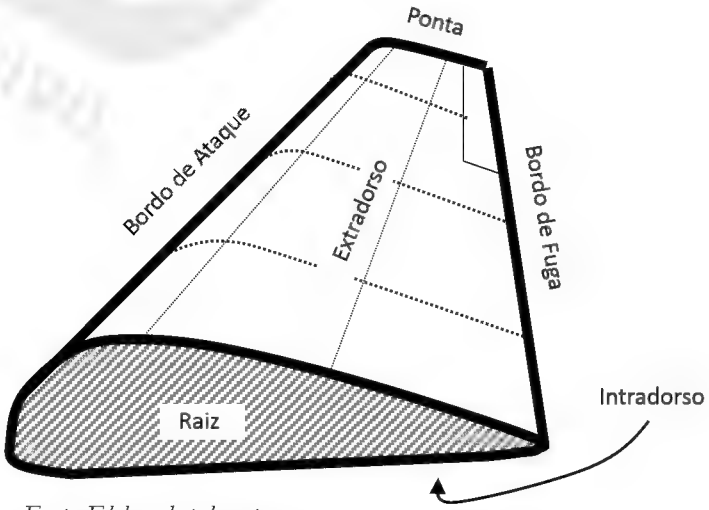
Fonte: http://www.planepictures.net

Asa

A asa é um aerofólio que fornece a força necessária ao voo para vencer a gravidade. Os componentes *estruturais* da asa são as *nervuras*, responsáveis pelo seu formato, e as *longarinas*, responsáveis por suportar os esforços de torção e flexão.

Componentes da Asa

- **Extradorso (dorso);**
- **Intradorso (fundo);**
- **Bordo de ataque;**
- **Bordo de fuga;**
- **Raiz da asa**
- **Ponta da asa.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Envergadura

É a distância medida de uma ponta a outra ponta da asa. Pode-se dizer que a envergadura é a "largura" do avião.

Classificação quanto ao Número de Planos da Asa

As aeronaves podem ser classificadas como:

- **Monoplano** é a aeronave que tem apenas um plano de asa. É o tipo mais comum na atualidade.
- **Biplano** é a aeronave que possui dois planos de asa.
- **Triplano** é a aeronave que possui três planos de asa.

Fonte: http://going2sky.blogspot.com.br

As primeiras aeronaves tinham estrutura feita com materiais pesados e seus motores não eram muito potentes, sendo necessário múltiplos planos de asa para gerar a sustentação necessária. Atualmente, os materiais mais leves e os motores mais potentes possibilitam que as aeronaves se sustentem com apenas um plano de asa, por isso as aeronaves biplanas e triplanas são encontradas hoje em dia somente em réplicas de aeronaves antigas ou para demonstração aérea.

Classificação quanto à Posição da Asa na Fuselagem

- **Asa Baixa:** Asa tangenciando a parte inferior da fuselagem.
- **Asa Média:** Asa localizada no meio da fuselagem.
- **Asa Alta:** Asa tangenciando a parte superior da fuselagem.
- **Asa Parassol:** Asa localizada acima da fuselagem.

A asa tipo parassol não é fixada diretamente na fuselagem, mas sim por suportes chamados montantes. Veremos a seguir que a classificação das aeronaves de asa baixa, média e alta pode ser feita também quanto à fixação usando ou não os suportes.

Fonte: ninja-brasil.blogspot.com

Classificação quanto à Fixação da Asa na Fuselagem

- **Cantilever:** Não possui suportes (montantes);

Fonte: dc313.4shared.com

- **Semi-cantilever**: Com suportes ou montantes.

Fonte: dc313.4shared.com

3 SUPERFÍCIES DE COMANDO DA AERONAVE

Existem dois tipos básicos de superfícies de comando: **Superfícies Primárias ou Principais** e **Superfícies Secundárias**.

Superfícies de Comando Primárias ou Principais

As superfícies de comando primárias são partes móveis que, geralmente, fazem parte dos bordos de fuga das asas e da empenagem, com a *finalidade de controlar o voo do avião.*

São três as superfícies de comando primárias:

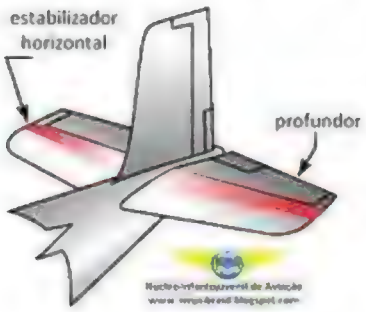
- **Leme de Profundidade ou Profundor:**

Finalidade: Possibilitar o movimento de "nariz para cima" e "nariz para baixo".

Localização: Na empenagem, parte traseira do estabilizador horizontal.

Comando: Através do movimento longitudinal da coluna do manche (para frente e para trás).

Atuação: Quando o manche é puxado para trás, o profundor sobe, fazendo com que a empenagem (cauda) desça e, consequentemente, o nariz suba. Quando o manche é empurrado para frente, o profundor desce, fazendo com que a cauda suba e o nariz desça.



Fonte: aeroescolinha.blogspot.com

- **Ailerons:**

Finalidade: Possibilitar o movimento de inclinação lateral do avião.

Localização: Nos bordos de fuga das asas, próximo às pontas.

Comando: Através do movimento lateral ou rotação do manche.

Atuação: Quando o manche é girado para a direita, o aileron direito sobe e o esquerdo desce. Isto faz com que a asa direita desça e a esquerda suba. Ao girar o manche para a esquerda, o aileron esquerdo é o que sobe e o direito desce. Isto faz com que a asa esquerda desça e a direita suba. Resumindo, o lado para o qual o manche é girado é o lado no qual a asa desce e, portanto, para onde o avião fará a curva.

Fonte: tamiamiparkflyers.com

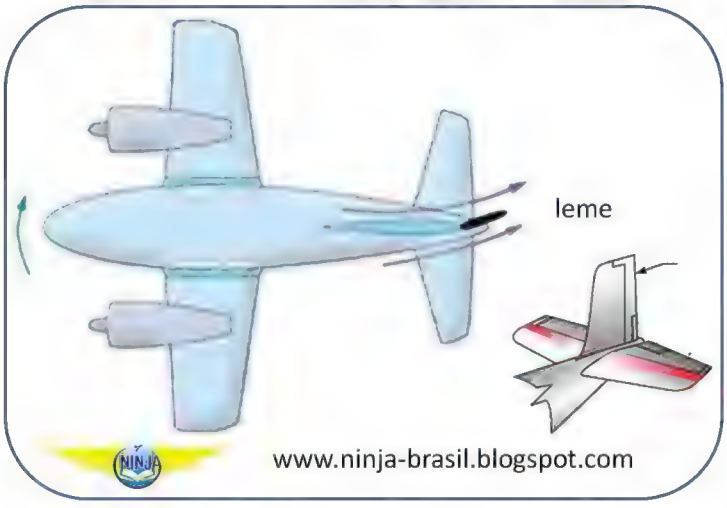
- **Leme de Direção:**

Finalidade: Possibilitar o movimento de direcionar o nariz para a direita e para a esquerda.

Localização: Na empenagem, parte traseira do estabilizador vertical.

Comando: Através do acionamento dos pedais.

Atuação: Ao se comandar o pedal direito para frente, o esquerdo vem para trás. O leme se desloca para a direita, fazendo com que a empenagem vá para a esquerda e o nariz para a direita. Ao se comandar o pedal esquerdo para frente, ocorre o oposto. Ou seja, o pedal que é atuado define o lado para o qual o nariz do avião se desloca.

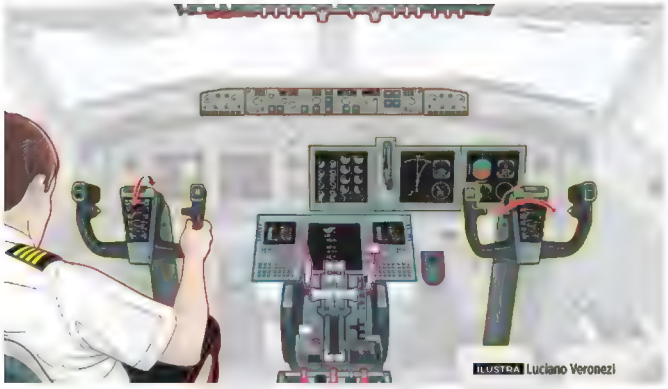


As superfícies de comando primárias são acionadas pelo do movimento do **manche** e dos **pedais**.

Ao girar lateralmente o manche, movem-se os ailerons.

Ao puxar e empurrar o mance, comanda-se o profundor.

Ao se acionar os pedais, comanda-se o leme direcional.



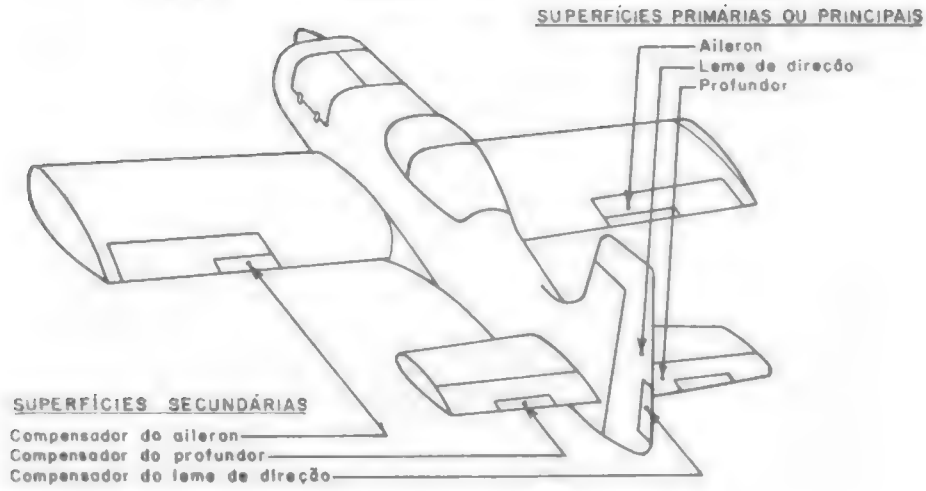
Fonte: mundoestranho.abril.com.br

Superfícies de Comando Secundárias

As superfícies de comando secundárias são somente os compensadores.

- **Compensadores:** São pequenas superfícies colocadas nos bordos de fuga das superfícies primárias. Ao serem comandados, eles fazem com que as superfícies primárias permaneçam em uma posição diferente da neutra. Assim, eles atuam como se o piloto estivesse comandando esta superfície.

Suas finalidades são: Tirar tendências indesejáveis de voo; compensar os aviões em diferentes atitudes; reduzir a pressão nos comandos, tornando-os mais fáceis de movimentar.



Fonte: dc268.4shared.com

- **Superfícies Hipersustentadoras** são superfícies que aumentam a sustentação da asa permitindo o voo seguro em velocidades mais baixas exigidas nas manobras de pouso e decolagem. A superfícies hipersustentadoras são os flapes, slats e slots.

Os **flapes** são superfícies que aumentam a área da asa e sua curvatura, aumentando, dessa forma, a sustentação em baixas velocidades. Os flapes estão localizados no bordo de fuga da asa próximos à raiz. O uso dos flapes torna possível a redução da velocidade e encurtam a distância de rolagem na pista durante pousos e decolagens. *Fonte: www.airports-worldwide.com*

São retráteis e se ajustam aerodinamicamente ao contorno da asa.

Fonte: www.prlog.org

Os **slats** possuem a mesma função que os flapes, no sentido de que ambos alteram temporariamente o formato da asa para aumentar a sustentação. Por isso são chamados de *dispositivos hipersustentadores.* Diferentemente dos flapes, que estão localizados no bordo de fuga das asas, os Slats ficam no **bordo de ataque** da asa. Também são utilizados para diminuir a velocidade na decolagem e na aterrissagem.

Fonte: zenair640.info

Os **slots** também são dispositivos hipersustentadores. São fendas fixas que servem para suavizar o escoamento do ar no extradorso da asa. Esse dispositivo aumenta o coeficiente de sustentação máxima, reduzindo, portanto, a velocidade crítica na qual o avião perderia a sustentação.

- **Spoilers** são superfícies que, quando comandadas, se abrem no extradorso das asas com a finalidade de reduzir a sustentação e criar arrasto na área afetada. São, portanto, usados como freios aerodinâmicos.

Fonte: pt.wikipedia.org

Fonte: www.jrusso.com.br

4 AERODINÂMICA

Pressão Estática

Um conceito de particular importância é o da Pressão Estática. Entende-se como pressão estática aquela que é exercida por um gás em repouso. A pressão atmosférica, medida por um **barômetro,** é um exemplo de pressão estática.

Pressão Dinâmica ou Pressão de Impacto

A experiência prática mostra que o vento exerce pressão sobre os corpos que se encontram em seu caminho. A pressão causada pelo impacto do vento é denominada Pressão Dinâmica/Pressão de Impacto. É diferente da Pressão Estática, pois só aparece quando há vento. Ela depende da *densidade do ar* e da *velocidade do escoamento.*

Escoamento

Fluidos são corpos que não possuem forma determinada e se acomodam ao formato dos recipientes em que estão contidos. Existem duas espécies de fluidos: líquidos e gases.
Quando uma massa de fluido se desloca, dizemos que há um escoamento. Existem dois tipos de escoamento: o **laminar** e o **turbilhonado**. O escoamento laminar se dá quando as partículas do fluido se deslocam paralelamente e o turbulento é caracterizado por mudanças bruscas de direção e pressão pelas partículas.

Fonte: cmans.wordpress.com

Equação da Continuidade

A Equação da Continuidade é uma lei do escoamento segundo a qual a velocidade do fluido é inversamente proporcional à área da seção do escoamento. Para exemplificar essa lei, basta pensar no caso

dos rios. A velocidade de suas águas aumenta nos pontos onde sua margem se estreita ou se torna raso e diminui quando sua margem é mais larga ou se torna mais fundo.

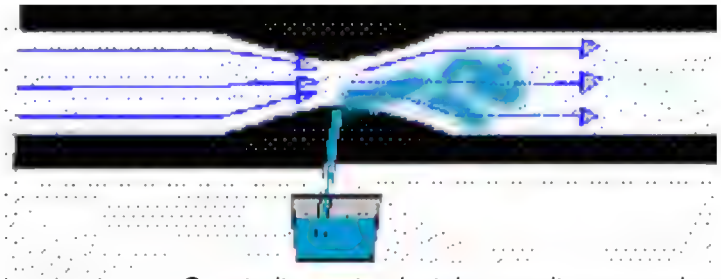
Tubo de Pitot

Para fazer com que o altímetro, o velocímetro e o variômetro (indicador de subida) funcionem, o avião possui um sistema de *pitot* estático, cujo dispositivo principal é um tubo com um orifício frontal para coleta da pressão total causada pelo movimento da aeronave e um orifício lateral para tomada da pressão estática.

Fonte: dc357.4shared.com

Tubo de Venturi

O tubo de Venturi é um dispositivo constituído por um duto com uma entrada frontal e uma saída traseira para um fluido. A meio caminho do tubo, há um estrangulamento, que provoca o aumento da velocidade de escoamento do fluido. Com o aumento da velocidade, ocorre a queda da sua pressão estática. Esse dispositivo é usado para se obter pressões baixas para o funcionamento de instrumentos giroscópicos e seu princípio também é usado no carburador dos motores convencionais.



O estreitamento do tubo resulta em maior pressão dinâmica e menor pressão estática.

Fonte: www.asalivre-es.com

Princípio de Arquimedes

O princípio de Arquimedes anuncia que a todo o corpo que está imerso em um fluido é imposta uma força de baixo para cima com intensidade igual ao peso do fluido deslocado. O princípio de Arquimedes explica a sustentação dos aeróstatos, aeronaves mais leves que o ar, pois o empuxo causado pelo ar tem a intensidade do peso do ar deslocado, sendo portanto, maior que o peso da aeronave.

Demonstração do Princípio de Arquimedes
Fonte: www.ck12.org

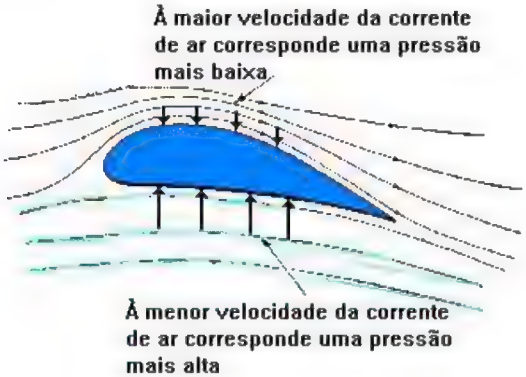
Teorema de Bernoulli

Em um fluido em escoamento é possível encontrar a pressão estática e a pressão dinâmica. Se esse fluido sofrer um estrangulamento, conforme a equação da continuidade, sua velocidade aumentará.

A equação de Bernoulli serve para expressar que, ao se aumentar a velocidade do escoamento, a pressão dinâmica aumentará e a pressão estática diminuirá.

O aumento da pressão dinâmica ocorre devido ao aumento da velocidade, pois, nesse caso, há o correspondente aumento da pressão de impacto do fluido.

A redução da pressão estática pode ser demonstrada através do experimento com o Tubo de Venturi (tubo com um estreitamento). Nele é feito um pequeno orifício lateral onde se adapta um tubinho plástico e mergulha sua extremidade num copo de água. A redução da pressão estática no Tubo de Venturi irá aspirar a água do copo, que será pulverizada num fino jato.



Fonte: g1aviao.pbworks.com

Introdução à Aerodinâmica

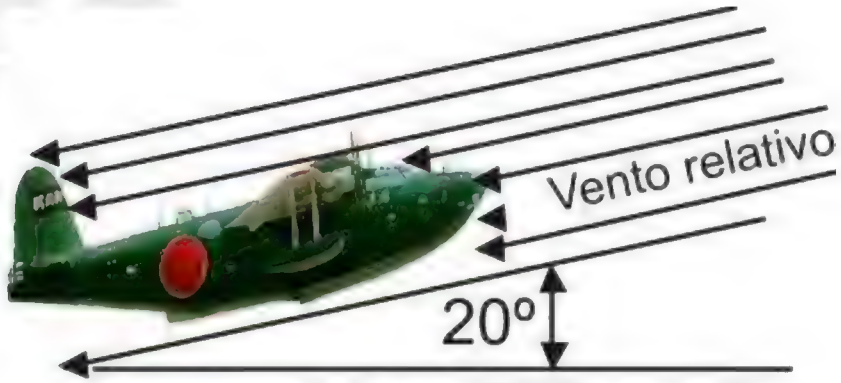
A palavra "Aerodinâmica" advém da combinação das palavras gregas *aer* = ar e *dyne* = força (potência).

A aerodinâmica é o ramo da dinâmica que trata do movimento do ar e de outros gases, com forças agindo sobre um objeto em movimento através do ar, ou com um objeto que esteja estacionário na corrente do ar.

Para que um avião voe, é necessário que algum tipo de força consiga vencer ou anular o seu peso. Para melhor compreensão desta parte da matéria, estudar-se-á o que realmente acontece fisicamente quando uma aeronave está em movimento e os fenômenos advindos, no qual a asa, também chamada de aerofólio, será objeto de estudo.

Vento Relativo

No estudo da Teoria de Voo o escoamento do ar é, muitas vezes, denominado *vento*. Em relação às aeronaves, contudo, ele recebe o nome de *vento relativo* devido ao escoamento ser provocado pelo movimento do avião e não pelo ar atmosférico.



Fonte: pilotoclp.blogspot.com

Resistência ao Avanço

Quando um corpo se desloca em um fluido, choca-se constantemente com as moléculas dispersas do fluido. A força de reação causada pela ação do choque, portanto oposta ao deslocamento, é chamada de resistência ao avanço.

Perfil Aerodinâmico

A resistência ao avanço causada pelo fluido no qual um objeto se desloca depende do formato desse objeto. Quando um objeto é construído para que seu deslocamento no ar produza o mínimo de resistência ao avanço, dizemos que ele possui um perfil aerodinâmico.

Aerofólio

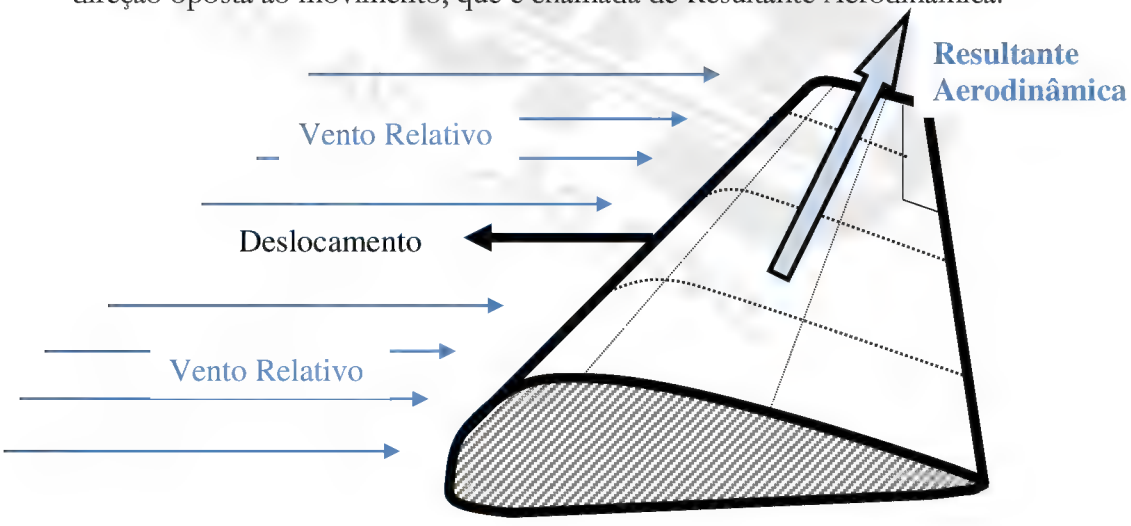
Os aerofólios são superfícies aerodinâmicas que produzem forças úteis ao voo. Segue alguns exemplos de aerofólios e suas funções:

- **Asa:** Causa a sustentação.
- **Hélice:** Causa tração.
- **Estabilizadores:** Causam a estabilidade.
- **Superfícies de comando:** Controlam a aeronave.

Fonte: www.avioesemusicas.com

Resultante Aerodinâmica

Quando um aerofólio se desloca no ar, surge uma força de baixo para cima, levemente inclinada na direção oposta ao movimento, que é chamada de Resultante Aerodinâmica.



Resistência Útil

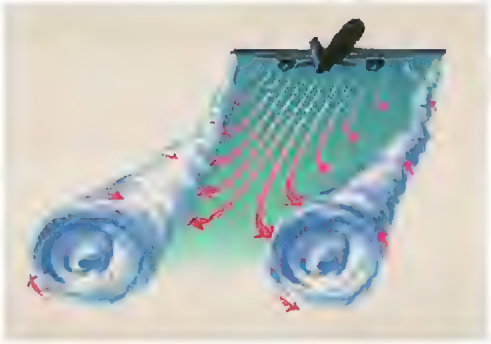
Como a resultante aerodinâmica tem sentido de baixo para cima, levemente inclinada para trás, ela é equivalente a uma força vertical de baixo para cima, associada a uma força horizontal para trás. A força vertical, que se opõe ao peso da aeronave, é chamada de Sustentação. A força para trás, que se associa ao arrasto, é chamada de Resistência Útil.

Resistência Parasita

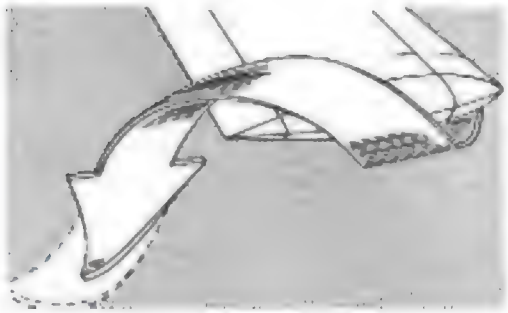
A Resistência Parasita é a resistência ao avanço causada por todas as partes da aeronave ao se deslocar no ar. Se imaginarmos uma peça plana quadrada que tenha a mesma resistência ao avanço que a aeronave, dizemos que a aérea dessa peça é a área plana equivalente da aeronave em termos de resistência parasita.

Arrasto Induzido

O ar que escapa do intradorso para o extradorso (onde a pressão é menor) pelas pontas das asas gera um fluxo em forma de espiral, criando um arrasto adicional. Esse é o Arrasto Induzido.



Fonte: dc365.4shared.com



Fonte: if.ufrgs.br

Corda do Aerofólio

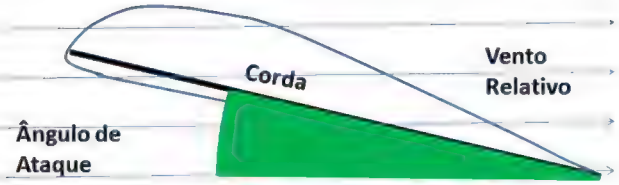
Corda de um aerofólio é uma linha reta que liga o bordo de ataque ao bordo de fuga.

Linha de Curvatura Média

Linha de Curvatura Média é uma linha equidistante do extradorso e do intradorso do aerofólio. A Linha de Curvatura Média, portanto, divide o aerofólio em duas partes iguais.

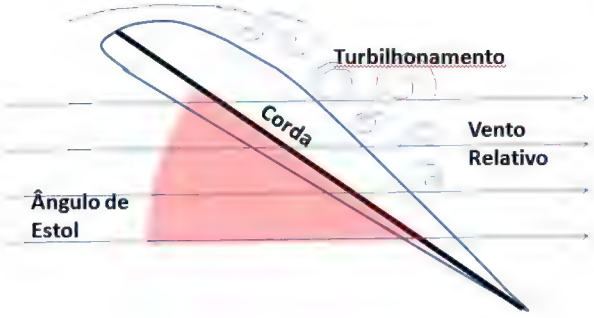
Ângulo de Ataque

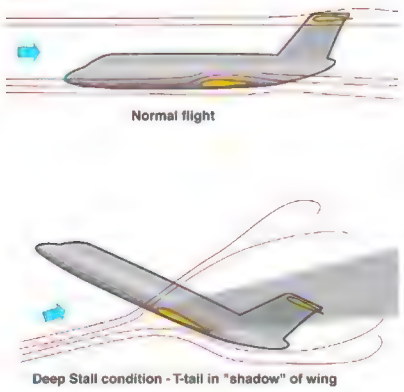
O ângulo formado entre a direção do vento relativo e a corda do aerofólio é chamado de ângulo de ataque.



Ângulo de Estol

Conforme a atitude que o piloto colocar no avião usando os comando, o ângulo de ataque pode ser alterado. De uma maneira geral, quanto maior o ângulo de ataque, maior a sustentação. Mas isso tem um limite. A um determinado ângulo de ataque, o escoamento de ar no extradorso do asa se torna turbulento e a aeronave perde toda sua sustentação de uma vez. Isso é chamado de estol. O ângulo no qual acontece o estol é conhecido como ângulo de estol.





Fonte: pt.wikipedia.org

5 TEORIA DE VOO

Forças Atuantes na Aeronave em Voo

Durante o voo, uma aeronave em voo está sob a ação de quatro forças, são elas

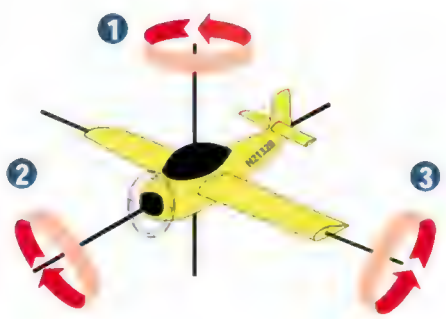
- **Sustentação:** A componente vertical da Resultante Aerodinâmica que se opõe ao peso, possibilitando o voo.
- **Peso:** Ação da aceleração da gravidade sobre a massa da aeronave. O peso sempre tem direção vertical e sentido para baixo.
- **Empuxo ou Tração:** Força gerada pelo grupo motopropulsor para compensar o arrasto e permitir que a aeronave mantenha sua velocidade ou que acelere quando necessário.
- **Arrasto:** Soma das forças de resistência que se opõem ao movimento da aeronave para frente.

Fonte: portaldoprofessor.mec.gov.br

Eixos da Aeronave

A descrição dos movimentos da aeronave no espaço tridimensional se dá com referência a três eixos que são perpendiculares entre si e passam pelo CG (Centro de Gravidade) do avião.

- **Eixo Vertical (1)**
- **Eixo Longitudinal (2)**
- **Eixo Lateral ou Transversal (3)**



Fonte: aeronautica-br.blogspot.com

O movimento da aeronave em torno de cada um dos eixos de referência tem um nome característico e está associado a um dos comandos primários.

Guinada e Eixo Vertical. A *guinada* é o movimento do avião em torno de seu *eixo vertical*. Esse movimento é obtido pela utilização dos pedais, que aciona o leme.

Rolagem, Bancagem ou Inclinação e Eixo Longitudinal. A *rolagem/bancagem* é o movimento do avião em torno de seu *eixo longitudinal*. Esse movimento é obtido pela movimentação lateral do manche que aciona os ailerons.

Fonte: ray-phiton.blogspot.com

Arfagem ou Tangagem e Eixo Lateral ou Transversal. A *arfagem/tangagem* é o movimento do avião em torno de seu *eixo lateral*. Ele é obtido pela movimentação longitudinal do manche, o qual aciona oleme de profundidade, ou profundor.

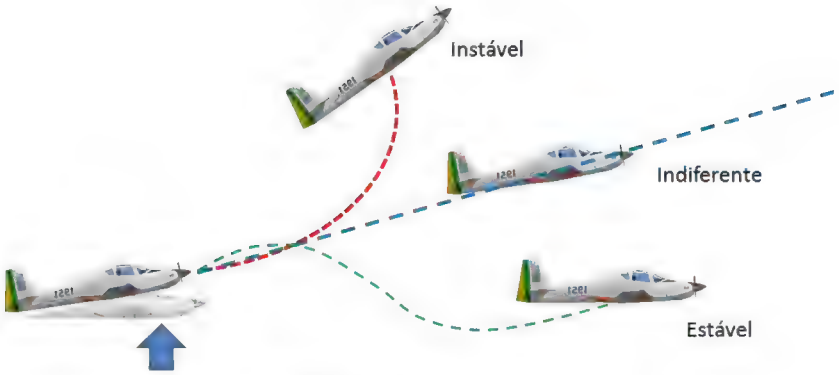
Obs. Dos três movimentos, o de arfagem é o único que tem nomes distintos para cada lado. Chamamos de **cabrada** o movimento de "nariz para cima" e de **picada** o movimento de "nariz para baixo".

Estabilidade da Aeronave em Voo

Tipos de Equilíbrio

O tipo de equilíbrio de uma aeronave é classificado pela sua tendência ao ser afastado de sua condição de equilíbrio por uma interferência externa (vento, turbulência etc.). Podemos dizer então que o equilíbrio de uma aeronave pode ser:

- **Estável:** o avião tende a voltar ao equilíbrio.
- **Instável:** o avião tende a se afastar cada vez mais do equilíbrio.
- **Indiferente:** o avião continua fora do equilíbrio sem tendência a aumentar ou diminuir o desvio.



Tipos de Equilíbrio

Ângulos de Fixação e Construção da Asa

- **Ângulo de Diedro:** é o ângulo formado entre o eixo lateral e o plano da asa.

Fonte: www.manualvuelo.com

- **Ângulo de Enflechamento:** é o ângulo formado entre o eixo lateral e o bordo de ataque da asa, podendo ser: Neutro; Positivo; e, Negativo.

Fonte: nomenclaturaalejandramonroy.blogspot.com

- **Ângulo de Incidência:** é o ângulo formado entre o eixo longitudinal e a corda da asa.

Fonte: dc303.4shared.com

Tipos de Estabilidade de uma Aeronave

Existem três tipos de estabilidade, são elas:

- **Estabilidade Longitudinal:** Está relacionada com o movimento de arfagem de um avião, portanto, em torno de seu eixo lateral. A estabilidade longitudinal é influenciada pelo ângulo de incidência da aeronave.

- **Estabilidade Lateral:** Está relacionada com a tendência do avião se recuperar de um afastamento ou desequilíbrio no plano lateral (movimento de rolagem/bancagem). A estabilidade lateral é influenciada pelo ângulo diedro.

- **Estabilidade Direcional:** Refere-se ao equilíbrio do avião em torno do seu eixo vertical. É portanto a tendência do avião de retornar ao equilíbrio após uma guinada inadvertida. A estabilidade direcional é influenciada pelo ângulo de enflechamento da aeronave.

Obs.: Existem outros fatores que influenciam a estabilidade nos três eixos. Mencionamos aqueles que estão diretamente relacionados aos ângulos de fixação das asas.

Principais Manobras de Voo

- **Decolagem**

É a transição do deslocamento no solo para o voo. A decolagem tem início na cabeceira da pista e termina quando o avião atinge a altura de 15m (50 pés). Nessa fase do voo, a distância de decolagem é a consideração principal. Como o avião não voa abaixo da velocidade de estol, deverá atingir velocidade pouco acima dessa na hora de sair do solo.

As condições ideais para uma decolagem são: baixo peso da aeronave, pista em declive, baixa altitude, pressão atmosférica alta, ar com alta densidade, frio e seco.

Fonte: www.transportabrasil.com.br

- **Subida**

É a manobra feita logo após a decolagem até o nível de cruzeiro ou quando há necessidade de mudança de altitude para um nível mais alto. A potência deve ser aumentada para compensar o arrasto e o peso. Num voo ascendente, o avião tem duas componentes de velocidade: Velocidade horizontal e razão de subida. A razão de subida é geralmente medida em pés por minuto através de um instrumento chamado "variômetro".

- **Voo em Linha Reta e Horizontal**

Em voo horizontal com velocidade constante, a sustentação é igual e oposta ao peso e a tração é igual e oposta ao arrasto.

Geralmente se emprega esse regime de voo quando a aeronave atinge o *nível de cruzeiro* (parte do voo em que a aeronave permanecerá nivelada por mais tempo).

Fonte: colunas.revistaepoca.globo.com

- **Voo Em Curva**

Para que o avião execute uma curva, é necessário o surgimento de uma força que mude a direção de sua velocidade em direção ao centro da curva. Essa força é obtida ao se inclinar as asas do avião, criando uma componente horizontal da sustentação que "puxa" o avião para dentro da curva. Para cada avião existe um limite de raio de curva e de inclinação além do qual não há condições de sustentar o voo em curva sem perda de altitude.

- **Descida**

Um avião pode voar sem a tração do motor desde que em trajetória descendente. Esse tipo de voo chama-se *planado*. A altura perdida por unidade de tempo é chamada de razão de descida e é indicada pelo "variômetro". Geralmente, a descida de uma aeronave é controlada pela potência do motor empregada e pelo ângulo de ataque.

- **Pouso ou Aterragem**

É a transição do voo para operação no solo. O objetivo da aterragem é desacelerar e parar o avião a partir de uma velocidade pouco superior a de estol e na menor distância possível.

Uma vez no solo, a tração é reduzida à zero, e se procura aumentar o atrito do avião com o solo. Usam-se, para tanto, freios acionados pelas pontas dos pedais e, quando disponível, reversores (dispositivos capazes de desviar a tração de motores a reação para frente). Os reversores ajudam a aeronave a poupar o sistema de frenagem normal e aumentar a eficiência da desaceleração pretendida na aterragem.

Fonte: 2s.biglobe.ne.jp

Fonte: lessonslearned.faa.gov

6 TEORIA DE VOO DE ALTA VELOCIDADE

Definição

Quando a velocidade de uma aeronave é tão alta que se aproxima ou ultrapassa a velocidade do som, as características físicas do ar a sua volta se tornam bem diferentes daquelas estudadas para o voo à baixas velocidades. O estudo da performance de aeronaves que voam com velocidades muito altas se chama Teoria de Voo de Alta Velocidade.

Número Mach

As velocidades elevadas são medidas através do número Mach, que é a razão entre a velocidade do avião e a velocidade do som nas mesmas condições.

Uma aeronave voando com Mach 0.7 está voando a 70% da velocidade do som. O termo Mach vem de Ernest Mach, um físico austríaco que teve notável destaque no estudo do fluxo supersônico.

Classificação das Aeronaves quanto à Velocidade

- **Aeronaves Subsônicas** são aquelas que voam bem abaixo da velocidade do som. A velocidade dessas aeronaves em número de Mach é um número bem menor que 1.
- **Aeronaves Transônicas** são as que voam com velocidades altas, próximas a velocidade do som, mas ainda abaixo dela. A velocidade dessas aeronaves em número de Mach é um número decimal perto de 1.
- **Aeronaves Supersônicas** são aquelas que voam a velocidades maiores que a velocidade do som. A velocidade dessas aeronaves em número de Mach é maior que 1.

Subsônico Mach < 1.0

Fonte: www.ikarus.estranky.cz

Transônico Mach = 1.0

Fonte: www.ibtimes.com

Supersônico Mach >

Fonte: www.dailymail.co.uk

Referência Bibliográfica

ALVAREZ, Martín Cuesta**, Vuelo con motor alternativo.** Madri, Paraninfo, 1981;

AVCO LYCOMING DIVISION, **Aircraft engines.** (Parts Catalog IO-320, AIO-320, LIO-320 and AEIO-320);

CESSNA AIRCRAFT COMPANY. **Pilot's operating handbook.** (Skyhawk-Cessna, Model 172 M);

DELP et alii. **Aircraft maintenance and repair.** Nova York, McGraw-Hill, 1986;

ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Pilot's handbook of aeronautical knowledge.** Washington, D.C., 1980;

PIPER AIRCRAFT COMPANY, **Piper Cherokee.** (Parts Catalog PA-28).

SCHIAVO, Acyr Costa. **Conhecimentos técnicos e motores para pilotos.** (s.1.) Editora Técnica de Aviação, 1978.

THOMAS, Kas. **Mantenimiento de aviones.** Madri, Paraninfo, 198f5

HOMA, Jorge M. **Aerodinâmica e Teoria de Vôo**. ASA – Edições gráficas, 2008.

HOMA, Jorge M. **Aeronaves e Motores**. ASA – Edições gráficas, 2007.

Encerrando a Discliplina

Caro aluno!

Aqui encerramos nossa disciplina, esperando que os conhecimentos aqui adquiridos provoquem em você, o interesse pelo saber mais.

Esta área do conhecimento humano sempre gerou fascínio em seus estudiosos, o que vem propiciando evolução rápida e permanente na aviação.

Sucesso!

Anotações

Aerolit
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL